

Produire du bois énergie dans les jachères de zone guinéenne. Intérêts et limites à travers l'expérience d'Oumé en Basse Côte d'Ivoire

PELTIER Régis¹; BALLE PITY²; GALIANA A.³; GNAHOVA G.M.²; LEDUC B.⁴; MALLET B.¹; OLIVER R.⁵; OUALOU K²; SCHROTH G.⁶

¹ CIRAD-Forêt, 94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France

² IDEFOR/DFO, 08 BP 33, Abidjan, Côte d'Ivoire

³ BSFT, CIRAD-Forêt, 94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France

⁴ CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France

⁵ CIRAD-CA, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France

⁶ Université de Bayreuth, Lehrstuhl Bodenkunde, postfach 101 251, Universitat Strasse 30, D-95440 Bayreuth, Allemagne

Résumé : Une étude rapide du milieu écologique et humain de la région d'Oumé, au sud de la Côte d'Ivoire, montre une réduction des surfaces agricoles disponibles et une augmentation des besoins d'une population croissante. Il devient donc nécessaire d'intensifier (avec le moins d'intrants possibles) les "systèmes d'agriculture sur brûlis de jachère spontanée", en réduisant la durée de la jachère, et/ou, en ralentissant la baisse de fertilité pendant la période de culture, si possible tout en diversifiant les productions et en les sécurisant contre le stress d'un climat de plus en plus sec. En collaboration avec l'IDEFOR/DFO, une équipe de chercheurs a suivi un essai en station concernant la plantation de légumineuses arborées dans une jachère, ainsi que les premiers tests en milieu rural. Elle a étudié la production des légumineuses arborées (chute de litière, bois) en analysant les contenus minéraux. D'autre part, l'évolution du sol amendé par cette biomasse et l'impact sur la production du maïs, du riz ou de l'arachide cultivés entre les haies ou après coupe de la jachère ont été suivis. Les effets sur le sol et sur la production des cultures de ce système agroforestier sont trop limités ou pas assez rapides pour inciter la majorité des agriculteurs à abandonner leur système traditionnel d'abattis-brûlis sur jachère spontanée. En revanche, près des axes routiers permettant d'évacuer le bois ou le charbon, il apparaît intéressant de produire du bois dans les jachères avec des espèces à croissance rapide. La rénovation des vergers de cacao pourrait également être facilitée par une jachère arborée suivie d'une coupe en couloirs larges ou du maintien d'un petit nombre d'arbres d'ombrage pour améliorer les conditions micro-climatiques. Les paysans utilisant ces systèmes agroforestiers doivent être conscients du fait qu'ils ne permettent pas de corriger certaines déficiences du sol, comme dans le cas d'Oumé, la faible teneur en P ; la vente du bois ou les économies faites sur d'autres éléments chimiques (N...) devrait permettre l'achat de ces engrais dont la composition devrait être adaptée.

Mots-clés : Agroforesterie, Côte-d'Ivoire, zone guinéenne, jachère enrichie, biomasse, litière, symbiote, maïs, *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Albizia lebbbeck*, *Leucaena leucocephala*, *Chromolaena odorata*.

Problématique générale

La culture sur brûlis de jachère Un système toujours actuel

L'agriculture sur brûlis de jachère assure la subsistance de centaines de millions d'agriculteurs des zones tropicales et reste une pratique bien vivante (Floret *et al.*, 1993). Ce système, qui a été mis au point de façon quasi identique sur l'ensemble de la planète, est encore aujourd'hui celui qui est le mieux adapté à des agricul-

teurs, ne possédant que les outils minimum pour défricher et sarcler, ayant peu accès aux engrais pour corriger le pH acide et la pauvreté minérale des sols forestiers, et aux herbicides et insecticides pour lutter contre les pestes végétales et animales (Laudelout, 1990) ; il offre d'ailleurs une très bonne productivité du travail difficile à atteindre dans une agriculture avec intrants.

Une consommation excessive d'espace

Dans les systèmes traditionnels où la jachère dure une vingtaine d'années, une famille doit disposer de plusieurs dizaines d'hectares pour satisfaire ses besoins en produits vivriers. Or, la population des zones forestières augmente très rapidement du fait de la natalité et des migrations. C'est en particulier le cas de la Côte-d'Ivoire dont la population s'est accrue de 3,5 millions d'habitants (dont 1,3 millions d'immigrants) entre 1965 et 1975 (Zachariah et Conde, 1981). Pour le seul département d'Oumé, Chauveau (1985) précise qu'entre 1965 et 1973 la croissance démographique fut de 5,35 % par an. La culture sur brûlis devient une cause importante de destruction des forêts tropicales primaires qui se transforment en une succession spatiale et temporelle entre culture et jachère plus ou moins dégradée, à un rythme estimé à 17,5 millions d'hectares/an en Afrique (Mercier, 1991).

Raccourcissement du temps de jachère

Dans de nombreux terroirs africains de la zone forestière, on constate que "*l'espace devient ou deviendra vite fini*", comme le signale Giri (1983) pour le Sahel. Pour les zones soudaniennes, Pieri, (1989) estime que la culture sur brûlis sans intrant ne peut pas nourrir beaucoup plus de 50 habitants/km². Le constat pour la zone forestière où les sols sont très fragiles, malgré (ou à cause) d'un bon niveau pluviométrique, ne doit pas être très différent. En zone sud-ivoirienne, en dehors de quelques réserves, la densité démographique atteint souvent 100 habitants/km², les jachères longues arborées ont disparu au profit de jachères courtes à eupatorium (*Chromolaena odorata* L.).

L'eupatorium, une jachère médiocre

L'eupatorium est un arbuste semi-ligneux de 2 à 3 m de hauteur originaire d'Amérique tropicale, qui a été introduit en Afrique tropicale depuis plusieurs dizaines d'années et qui s'est répandu dans la plupart des jachères du Golfe de Guinée, grâce à une production importante de semences légères, facilement disséminées par le vent en fin de saison sèche (Koffi Akpagana et al., 1993).

Mais, en zone humide, l'essentiel de la richesse minérale participant aux cycles biogéodynamiques se situe dans la végétation (Sarrai, 1991). La faible biomasse d'une jachère d'eupatorium ne permet donc pas un stockage important d'éléments minéraux.

D'autre part, le développement rapide de cette espèce pionnière bloque la croissance des espèces forestières pendant de nombreuses années, suivant le modèle de reconstitution dit "d'inhibition" (Connel et Slatyer, 1977 ; Alexandre, 1989 ; Mitja et Puig, 1993).

Dans les jachères à eupatorium, le stock de graines d'arbres forestiers est généralement très faible, alors que celui de semences d'eupatorium, de cypéracées et de gra-

minées reste très important (Rouw, 1993) ; le brûlis de la biomasse peu importante ne permet pas d'éliminer ce stock séminal : de ce fait, le développement des adventices dans les cultures est très important et nécessite un travail contraignant ; quant au retour ultérieur à une jachère forestière, il est presque impossible, et de très rares ethnies (Oubi de Taï en Côte-d'Ivoire, Lua en Thaïlande du nord...) savent hâter le retour des jachères arborées en coupant les espèces envahissantes au profit des espèces souhaitées.

Augmenter la biomasse de la jachère pour accroître les rendements des cultures

Moreau (1993), souligne que le brûlis d'une jachère arborée est un moyen très efficace pour relever assez durablement le pH du sol (en particulier par apport de carbonate de calcium, élément peu soluble et peu lixiviable des cendres), tout en augmentant la capacité d'échange et en libérant des nutriments qui se substituent aux éléments toxiques (aluminium, manganèse...). Il estime que la biomasse de la jachère détermine le niveau des restitutions minérales sur brûlis et, en partie, la productivité ultérieure du système.

Concilier régénération de la fertilité, production intermédiaire et sécurité foncière

Peltier et Balle Pity (1993) estiment que dans la plupart des cas il est plus réaliste de faire évoluer le système "culture sur brûlis de jachère" pas à pas. Ils proposent ainsi, après Peltier et Eyog-Matig (1988), de planter ou de semer des légumineuses arborées dans les cultures quelques années avant d'arrêter celles-ci, pour pré-installer la jachère arborée artificielle. Cependant, avant de développer cette méthode en milieu rural, il est nécessaire, après avoir bien compris les rôles des jachères, d'analyser en quoi les innovations proposées peuvent améliorer le fonctionnement du système dans son ensemble (Sebillotte, 1993), puis de recueillir l'avis des agriculteurs.

La plantation d'arbres dans les jachères peut contribuer principalement aux points suivants : la sécurisation foncière, la production intermédiaire de bois et la régénération de la fertilité.

Dans le droit traditionnel africain, le foncier est géré par les "chefs de terre" qui distribuent les terrains de culture à leurs administrés. Bien qu'il soit généralement reconnu qu'une terre en jachère appartient à celui qui l'a défrichée, il est assez fréquent qu'un chef de terre estime que celle-ci est vacante et l'attribue à un autre agriculteur. Au contraire, une jachère arborée artificielle, au même titre qu'une plantation de café, cacao... peut très difficilement être confisquée, d'où une sécurisation foncière.

Au contraire des jachères à eupatorium, sur lesquelles on ne peut récolter aucun produit commercialisable, une jachère arborée peut produire du bois.

Le concept de fertilité englobe un ensemble de notions très variées, comme la facilité de défrichement, l'absence de graines d'adventices dans le sol, la facilité de brûlis, un pH proche de la neutralité, une teneur assez élevée en éléments minéraux et la pauvreté en éléments toxiques du sol... Les résultats des essais réalisés à Oumé que nous allons présenter ci-dessous, ne prétendent pas éclairer tous ces aspects, mais ils constituent une première étape

pour améliorer la connaissance encore très limitée du fonctionnement des jachères arborées.

Le bois : une possibilité de diversification pour les agriculteurs

Crise des produits agricoles commerciaux

La fin des années 80 et le début des années 90 ont constitué une période très difficile pour les produits agricoles commerciaux de la Côte-d'Ivoire (café, cacao, caoutchouc, huile de palme, ananas...). Les prix de vente n'ont cessé de diminuer alors que celui des "intrants" (engrais, herbicides, produits phytosanitaires) augmentait relativement. C'est ainsi que les vergers de cacaoyers et de caféiers ont été progressivement négligés voire abandonnés en basse Côte-d'Ivoire (Dissart, 1994). Bien que la récente dévaluation du Franc CFA et une reprise des cours mondiaux aient redonné une certaine compétitivité à ces filières, les paysans cherchent à diversifier leurs revenus monétaires.

Marché du "bois-énergie"

Dans les grandes villes d'Afrique et de Madagascar, en particulier Abidjan, Antananarivo, Brazzaville, Lomé, Niamey et Yaoundé, le bois et le charbon de bois peuvent représenter jusqu'à 95 % de l'énergie domestique consommée (Bertrand, 1987, 1992 ; Vergnet, 1986, 1991). Ce qui offre des perspectives aux agriculteurs pour s'insérer dans ce marché du bois énergie.

Planteur de bois, une alternative possible

On doit rappeler que Dupuy et N'Guessan Kanga (1990) et N'Guessan Kanga (1991), ont montré qu'une plantation d'*Acacia mangium* de 8 ans, sur terrain relativement fertile, près d'Abidjan, pouvait produire environ 100 tonnes de bois par hectare. Vergnet, (1991) avance que cette production est l'une des plus rentables parmi celles qui s'offrent aux paysans à proximité des grands centres urbains du Golfe de Guinée, mais les méthodes pratiques de mise en place en milieu rural et l'influence sur la fertilité des sols n'ont pas été étudiées.

Cependant, Bertrand (1990) et Peltier *et al.* (1993), montrent que la valeur de ce produit pondéreux diminue rapidement lorsqu'on s'éloigne des villes, en raison des coûts du transport. Au-delà d'environ 150 km des marchés, il est en général préférable de le transformer en charbon de bois, beaucoup plus léger par unité calorifique.

Une nécessité de recherche-action

La jachère arborée : un système peu connu

Floret *et al.* (1993) reconnaissent que la jachère arborée artificielle est un système encore peu connu, les travaux des agronomes francophones (CIRAD, ORSTOM) et anglophones (IITA, ICRAF...) ayant surtout porté sur les jachères spontanées ou sur les jachères artificielles à base d'herbacées ou d'arbustes, souvent du groupe des légumineuses.

De nouvelles recherches

Il est donc apparu nécessaire pour l'IDEFOR/DFO d'approfondir ses travaux en installant un essai d'étude de la jachère, et un essai de culture en couloir ainsi que des tests en milieu rural.

Région d'étude et méthode utilisée

La région d'Oumé

Oumé se situe à 200 km au nord-ouest d'Abidjan et à 50 km au sud-ouest de Yamoussoukro, en République de Côte-d'Ivoire.

Le climat est subéquatorial à pluviométrie bimodale (deux saisons des pluies centrées respectivement sur mai-juin et octobre) avec une moyenne annuelle des précipitations de 1 335 mm (1949-1967). La température moyenne annuelle est de 26°C, l'humidité relative moyenne est de 85 % avec des minima inférieurs à 75 % en cas d'harmattan, au cours de la saison sèche la plus marquée (décembre-janvier).

Oumé se trouve au nord de la forêt dense humide semi-décidue (type à *Celtis* spp. et *Triplochiton scleroxylon*) dans une zone de transition avec les savanes à rôniers du "V baoulé". Les agriculteurs y ont développé les cultures de café, cacao, riz pluvial, maïs, igname, banane...

Les sols sont ferrallitiques, faiblement dessaturés, issus de granites, ou sont des sols bruns eutrophes, issus d'amphibolites. Le modelé est moyennement ondulé avec des altitudes se situant autour de 250 m.

La région d'Oumé offre une diversité humaine importante. Les autochtones ne représentent que 40 % de la population. Parmi eux, citons les Gagous qui cultivent surtout le taro et la banane, les Gouros qui préfèrent les céréales (riz, maïs, mil) et les tubercules (igname, taro) et les Bétés, ici minoritaires.

Les allochtones dominent avec 60 % de la population. Ils ont été en particulier attirés par le boom du cacao et de l'industrie forestière. Ils sont constitués par des peuples de savanes. Citons par distance d'origine croissante : les Baoulés, grands cultivateurs d'igname, les Malinkés et les Sénoufos venus du Nord-Côte-d'Ivoire et du Sud-Mali, et différents groupes soudano-sahéliens venus en particulier du Burkina Faso. Ces ethnies possèdent une large gamme de plantes ambivalentes pouvant produire à la fois dans les milieux forestiers et de savanes (y compris arachide, coton, sorgho, et surtout maïs) (Lecomte, 1990).

Le dispositif expérimental de l'essai "légumineuses 87"

L'essai fut installé en 1987 par le CTFT Côte-d'Ivoire (actuel IDEFOR-DFO) sur un sol relativement fertile de défriche forestière dans la station de la Sangoué (à environ 15 km au sud-ouest d'Oumé).

Le dispositif initial était de type "bloc complet randomisé" à 8 répétitions, parcelles unitaires de 12 x 12 m = 144 m², 36 arbres par parcelle, plantés à un écartement de 2 x 2 m. Les traitements variaient par l'espèce de légumineuse arborée plantée :

- *Acacia auriculiformis*
- *Acacia mangium*
- *Albizia lebbek*¹
- *Leucaena leucocephala*.

Sur le cinquième traitement (témoin), on a laissé se développer la végétation spontanée qui a été rapidement dominée par l'eupatorium.

Le type de sol initial

Faute d'observations précises réalisées en 1987, Oliver fait ouvrir, en 1991, une fosse pédologique à proximité immédiate de l'essai, sur une zone laissée en friche et réalise des analyses de sol dont certains résultats sont présentés dans le tableau I.

Le sol est de type "ferrallitique remanié" avec un horizon pierreux pouvant être situé juste sous l'horizon organique superficiel (le pourcentage de cailloux et graviers peut atteindre 50 %).

Les caractéristiques analytiques moyennes montrent que ce sol est relativement riche en matière organique. Sa texture est limono-argilo-sableuse, ce qui, avec la présence de gravillons, permet de bonnes conditions de drainage.

Tableau I. Caractéristiques analytiques du sol de l'essai "jachère 87".

Cote(cm)	Argile %	Limons %	pH KCl	Ca	Mg	K	CEC ^(a)	P Olsen mg/Kg P ^(b)	Carbone %	Azote %
0/10	33.6	9.7	6.85	15.4	2.56	0.54	15.80	30.5	3.01	2.94
10/20	24.2	10.4	7.00	9.03	1.53	0.33	8.60	13.4	1.41	1.30
50/60	32.2	7.1	6.35	4.25	2.07	0.27	6.23	16.8	1.00	0.80

Complexe absorbant : méthode cobaltihexammine résultats en me/100 g. ^(a) Fallavier et al., 1985 ; ^(b) Dabin, 1967. (Source Oliver et Ganry, 1994).

Le complexe absorbant est convenablement fourni sur tout le profil et le pH proche de la neutralité lui confère une fertilité chimique correcte. Il est bien pourvu en potassium échangeable mais très certainement carencé en phosphore.

Méthode

Dans le cadre de la présente communication, nous n'avons pas jugé nécessaire de décrire les méthodes utilisées pour collecter les données, on se reportera pour cela à Oliver et Ganry (1994) et à Peltier (1994).

1. Dans certaines flores, on trouve l'orthographe Albizia, dans la présente communication nous avons retenu Albizzia, plus proche de l'origine du mot. D'autre part on parlera souvent des acacias pour désigner les deux premières espèces, de l'albizzia ou du leucaena pour les deux suivantes et l'eupatorium pour *Chromolaena odorata*.

Résultats

Les principaux résultats obtenus à ce jour, dans le cadre de l'essai "légumineuses 87" d'Oumé sont les suivants :

Chutes de débris végétaux sous jachère (litières)

Les retombées annuelles de débris végétaux (feuilles, fleurs, fruits, brindilles) ont été mesurées au cours de la 6^e année pour les espèces arborées (tableau II).

Le cumul des quantités de "litières" collectées au cours de l'année permet d'évaluer les retombées minérales pour chaque espèce. Les analyses n'ayant porté que sur des échantillons moyens, les valeurs observées ne peuvent pas être analysées statistiquement mais certaines différences sont tout de même très nettes. La pauvreté relative des "litières" des deux espèces d'acacias est confirmée. Pour *Albizia lebbek* et *Leucaena leucocephala* les apports annuels d'azote sont d'environ 240 kg/ha, ce qui est conséquent si on se réfère aux apports habituels par les engrais.

Les quantités de phosphore sont comprises entre 5 et 21 kg/ha de P₂O₅ et donc restent relativement faibles, celles de potassium sont comprises entre 85 et 210 kg/ha de K₂O, valeurs qui sont certainement sous-estimées car les "pertes" par pluviollessivage des "litières", qui peuvent atteindre des proportions non négligeables dans le cas du potassium, n'ont pas été prises en compte.

Tableau II. Quantité de matière sèche et retombées minérales annuelles par les "litières" de légumineuses arborées en kg/ha.

Elément	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizia lebbek</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
Quantité				
M.S	7 300 (b)	7 800 (b)	7 400 (b)	8 800 (a)
N	119	129	232	266
P	2	2	9	10
K	98	71	96	173
Ca	82	71	133	194
Mg	22	17	29	34

Dispositif en blocs complets (6 blocs) ETR = 45,21 ; C V = 5,8 %. Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newmans-Keuls à P = 0,05.

Biodégradabilité des chutes de feuilles

L'indicateur de biodégradabilité des produits incorporés est la production nette de CO₂ pour les divers traitements (tableau III).

Les feuilles des deux espèces d'acacia sont, selon le critère choisi, beaucoup plus résistantes à la dégradation que celles de *Leucaena leucocephala* et surtout celles d'*Albizzia lebbeck*. Cela traduit certainement des différences de composition de leur parenchyme qu'il serait intéressant de préciser.

Le bilan apparent de production d'azote après 84 jours d'expérience fait apparaître, par rapport au témoin sans incorporation de matière végétale, une immobilisation nette de l'azote du sol dans le cas des feuilles d'acacia et une minéralisation nette pour les deux autres espèces.

Tableau III. pourcentage apparent de carbone des feuilles "respiré" et bilan apparent de l'azote en 8 semaines d'incubation.

	Témoin	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbeck	Leucaena leucocephala
C % "respiré"	-	26 %	24 %	50 %	39 %
N-minéral "lixivié" mg /Kg	120	79	87	226	177
% apparent de miné. de N des feuilles	-	- 15 %	- 14 %	+ 27 %	+ 16 %

Nodulation des légumineuses arborées

La nodulation est très hétérogène et la distribution des nodules est vraisemblablement de type "agrégative", des conditions de milieu très localisées ayant tendance à favoriser le développement de nombreux nodules ou, au contraire, à inhiber leur présence. Sur certains arbres choisis, on n'a observé que de très rares nodules et ce, pour toutes les espèces.

Si l'on excepte la première date (nov. 92) qui a été celle de la mise au point méthodologique, ce suivi a été fait à 5 dates au cours de l'année 1993. Les résultats obtenus permettent, malgré la variabilité considérable, de mettre en évidence des différences dans la nodulation entre les diverses espèces. On peut effectuer un classement des diverses espèces pour le nombre de nodules :

Albizzia lebbeck - *Acacia mangium* - *Leucaena leucocephala* - *Acacia auriculiformis*

L'efficacité biologique des nodules a été appréciée par la mesure de leur capacité à réduire l'acétylène (ARA) par nodule ; dans le cas d'*Acacia mangium* et *Albizzia lebbeck*, elle présente un pic important en début de saison des pluies. Cette activité est plus ou moins soutenue pour toutes les espèces sauf pour *Acacia auriculiformis* pendant toute la saison pluvieuse. Il est, dans ce cas aussi, compte tenu de l'hétérogénéité des mesures, difficile de comparer avec certitude les diverses espèces mais on peut dégager une tendance et classer les espèces quant à l'efficacité "globale" des rhizobiums.

Efficacité/arbre : *Albizzia lebbeck*, *Acacia mangium*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*.

Efficacité/g de nodule : *Acacia mangium*, *Albizzia lebbeck*, *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*.

Deux espèces se singularisent par rapport aux critères rhizo-biologiques, l'une par ses bonnes performances (*Albizzia lebbeck*) et l'autre par ses mauvaises (*Acacia auriculiformis*) ce qui devrait se traduire par une faible participation de l'azote biologiquement fixé à la satisfaction des besoins de la plante et à l'amélioration du statut azoté du sol pour cette espèce.

Production de bois et exportations minérales

Les résultats concernant la production de bois et la mobilisation minérale par les troncs et branches de diamètre supérieur à 3 cm (donc exporté de la parcelle) est donné au tableau IV.

Tableau IV. Production de bois (en tonnes/ha) et mobilisations minérales (en kg/ha) par le bois des espèces testées.

	Acacia auriculiformis	Acacia mangium	Albizzia lebbeck	Leucaena leucocephala
Production de bois t/ha	134	138	68	114
Kg/ha				
N	647	562	475	847
P	50	17	27	21
K	176	214	347	556
Ca	366	238	298	320
Mg	25	23	38	100

Litière laissée sur le sol après abattage des arbres

L'analyse des résidus collectés sur les diverses parcelles laissées en mulch permet d'apprécier les quantités d'éléments restituées au sol pour les divers types de résidus; ces quantités sont statistiquement équivalentes (malgré des écarts sur les moyennes pouvant être élevés) pour toutes les espèces, y compris celles en jachère naturelle, pour K, Ca et Mg (en moyenne 77 kg/ha K₂O, 109 kg/ha CaO, 33 kg/ha MgO). Les quantités d'azote et de P₂O₅ sont statistiquement différentes selon les espèces (tableau V).

Fertilité du terrain au moment de la remise en culture

Sur les prélèvements de l'essai "légumineuses 87" la plupart des critères de fertilité chimiques (pH, P ass. Olsen III, bases et CEC cobaltihexammine) ne sont pas statistiquement modifiés par la présence de la sole arborée (tableau VI).

Ces caractéristiques moyennes sont proches de celles présentées au tableau I. On en retiendra surtout les valeurs faibles de phosphore assimilable. Les coefficients de variation relativement élevés masquent probablement certains

effets des précédents arborés, par exemple pour le carbone, la moyenne des teneurs des parcelles d'*Albizzia lebbeck* est de 2,28 % alors que celle des parcelles d'*Acacia mangium* n'est que de 1,73 % ; pour le phosphore assimilable, les parcelles "témoins" et *Acacia auriculiformis* ont des teneurs moyennes inférieures à 15 mg/kg alors que celles d'*Albizzia lebbeck* et *Leucaena leucocephala* sont de 22 mg/kg.

Malgré la dispersion des résultats, le type de précédent "arbre" a un effet significatif sur les teneurs en azote du sol (tableau VII).

Par rapport au témoin en jachère naturelle, les traitements "albizzia" et "leucaena" permettent de maintenir les teneurs en azote total du sol, tout en assurant une "culture" productive ; les traitements "acacias", eux, appauvrissent le sol. Le fractionnement chimique par hydrolyse acide (Steward *et al.*, 1963 ; Egoumenides, 1990) fait apparaître des teneurs en azote hydrolysable non distillable (N hnd) en grande partie d'origine protéique, supérieure pour les parcelles "albizzia". L'azote minéralisable par la méthode de Waring et Bremner (1964) est plus élevé sur les parcelles "albizzia" que sur celles des autres espèces arborées et correspond aux valeurs trouvées sur celles en jachère naturelle. L'ensemble de ces résultats est en accord avec les observations faites sur les retombées par les litières et sur la nodulation des espèces en place.

Nutrition et mobilisation minérale du maïs en première culture

Azote : l'effet le plus net sur la qualité de la nutrition azotée du maïs est celui de l'apport d'engrais qui permet, pour toutes les situations, l'obtention d'un taux en azote

des feuilles correspondant à une nutrition azotée correcte. La comparaison des parcelles brûlées et en mulch fait état de taux d'azote plus élevés sous brûlis, ce que l'on peut expliquer aisément par l'état des éléments apportés par la litière pour ces deux types de couvert (plutôt minéral dans le cas du brûlis et organique dans celui du mulch). L'effet du type de précédent "arbre" est, lui aussi, significatif : la "mauvaise performance" des acacias et tout particulièrement de l'*Acacia auriculiformis* est à noter, la teneur moyenne des traitements sans engrais est alors de 2,60 % N, ce qui est nettement au-dessous du seuil de carence de 3,1 % que l'on peut admettre avec la méthode d'analyse utilisée. Les teneurs en azote du maïs après 65 jours de culture sont significativement plus élevées pour les parcelles avec engrais (158 kg/m²) par rapport à celles sans engrais (80 g/m²), elles correspondent alors à celles d'une culture proche de son potentiel de production. Les autres facteurs étudiés n'ont pas d'influence statistiquement décelables par l'analyse en factoriel à deux niveaux splités. Par contre, si on limite l'analyse aux parcelles en mulch (à cause de l'hétérogénéité du brûlis) on met en évidence un effet de l'espèce arborée sur les teneurs en azote du maïs (tableau VIII).

Phosphore : pour cet élément aussi, l'effet de l'apport d'engrais sur la nutrition minérale du maïs est spectaculaire. La nutrition phosphorique du maïs est mieux assurée sous brûlis que sous mulch et l'interaction "couvert"-engrais est significative. On ne met pas en évidence de différences statistiquement significatives entre les diverses espèces d'arbres testées ; les taux de P observés sur les diverses parcelles sans engrais oscillent entre 0,18 et 0,24 %, ce qui correspond dans tous les cas à des situations de carence en phosphore. Tout comme pour l'azote, on peut conclure, pour cette première mise en culture à une supériorité du brûlis sur le mulch quant à la qualité de la nutrition phosphorique du maïs.

Tableau V. Biomasse totale (en tonnes/ha) et quantités de N et P₂O₅ (en kg/ha) de la litière présente sur le sol.

Espèce	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin	CV %
Mulch (t/ha)	11,8 (a)	13 (a)	12,3 (a)	8,1 (b)	6,9 (b)	14,8
N (kg/ha)	181 (ab)	218 (a)	174 (ab)	107 (ab)	110 (b)	20,7
P ₂ O ₅ (kg/ha)	174 (b)	197 (b)	357 (a)	147 (b)	174 (b)	23,0

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05.

Tableau VI. Composition chimique moyenne de l'horizon de surface (0/15 cm) juste après exploitation de la sole arborée (critères statistiquement équivalents pour tous les précédents p = 0,05).

Critère	pH eau	C %	Ca Cob*	Mg Cob*	K Cob*	CEC Cob*	P Olsen mg/kg
moy. CV%	7,16	1,99	9,14	1,65	0,58	11,38	18,7
	3,8	18,9	22,9	14,5	25,9	21,5	52,3

* : complexe adsorbant au chlorure de cobaltihexammine ; résultats en mé/100g.

Tableau VII. Etat de l'azote du sol (en mg/kg) selon les précédents arborés après exploitation des arbres.

Réf.	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin	CV%
N total hs	1888 (b)	1730 (b)	2387 (a)	2121 (ab)	2124 (ab)	13,4
N-NO3 s	31,3 (ab)	21,8 (b)	45,1 (a)	43,4 (a)	37,6 (ab)	35,4
N - Waring s	145 (ab)	109 (b)	166 (a)	133 (ab)	160 (a)	20,7
N hnd hs	1166 (ab)	1117 (ab)	1301 (a)	929 (b)	1043 (b)	13,4

Moyenne de 6 répétitions ; 2 moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-keuls à P = 0,05 ; s : significatif à P = 0,05 ; hs : significatif à P = 0,01.

Potassium : sauf l'apport d'engrais, aucun des traitements testés ne modifie les taux de potassium des feuilles de maïs. Selon les normes d'interprétation, la nutrition potassique du maïs est dans tous les cas satisfaisante.

Calcium et magnésium : ces deux autres éléments majeurs ont été analysés pour l'établissement du diagnostic foliaire. Les traitements ou leur combinaison sont sans effet sur les teneurs en calcium et magnésium des feuilles de maïs.

Nous donnons ici les résultats significatifs qui nous semblent les plus intéressants, la production de pailles et de grains (moyenne des parcelles fertilisées et non fertilisées et brûlées ou "mulchées") a été calculée pour chaque précédent jachère, (tableau IX).

On remarquera la mauvaise performance des parcelles en *Acacia auriculiformis* dont la production est significative-

ment plus faible que celle des autres (-12 % pour la production de grains et -10 % pour celle de pailles) ce qui confirme les observations faites sur le sol (teneur en azote), le diagnostic foliaire et les mobilisations en azote du maïs.

Le rôle du mode de gestion de la litière (mulch et brûlis) suivant que l'on utilise ou non de l'engrais a été estimé en regroupant tous les précédents jachères (tableau X).

Production du maïs en deuxième culture

Voir tableaux XI et XII.

Tableau VIII. Azote mobilisé par la culture de maïs (avec mulch) pour les divers précédents arborés (moyennes des effets).

Espèce arborée	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin
N mobilisé kg/ha	75 (b)	148 (a)	136 (ab)	112 (ab)	100 (ab)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Tableau IX. Effet des précédents "arbres" sur la production de pailles et de grains du maïs en première culture.

Espèce arborée	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin
Rdt pailles (tonnes/ha)	6,3 (b)	7,2 (a)	6,9 (ab)	7,2 (a)	6,7 (ab)
Rdt grains (tonnes/ha)	4,5 (b)	5,2 (a)	5,0 (ab)	5,2 (a)	5,3 (a)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Tableau X. Rôle du type de gestion de la litière et effet de l'engrais sur le rendement du maïs en 1ère culture.

Moyennes des diverses parcelles	Rdt grains (tonnes/ha)		Nbre de grains par épis	
	mulch	brûlis	mulch	brûlis
avec engrais	6,2 (a)	5,7 (b)	375 (a)	347 (b)
sans engrais	4,0 (c)	4,3 (c)	280 (c)	294 (c)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %

Tableau XI. Effet des précédents "jachères" sur le rendement en grains du maïs en 2e culture (tonnes/ha).

Engrais	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Acacia mangium</i>	<i>Albizzia lebbeck</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Témoin	Ensemble
avec	3,8 (a)	4,0 (a)	4,2 (a)	4,0 (a)	4,2 (a)	4,0 (a)
sans	2,1 (c)	2,8 (bc)	3,0 (b)	3,5 (ab)	2,9 (b)	2,8 (b)
Moyenne	2,9 (b)	3,3 (ab)	3,6 (ab)	3,8 (a)	3,6 (ab)	3,4

Dispositif factoriel (2) split-plot à 3 blocs. Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls à P = 0,05 ; CV 1 % = 16,4 ; CV 2 % = 11,2.

Tableau XII. Effet du type du mulch et du brûlis sur la production du maïs en seconde culture.

Moyennes des diverses parcelles	Rdt grains (tonnes/ha)		Rdt pailles (tonnes/ha)	
	mulch	brûlis	mulch	brûlis
avec engrais	4,1 (a)	4,0 (a)	7,9 (a)	7,9 (a)
sans engrais	2,6 (c)	3,1 (b)	4,8 (b)	5,4 (b)

Deux moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %. CV 1 % = 15,6 ; CV 2 % = 8,4, dispositif en factoriel (2) split-plot à 3 blocs.

En absence d'engrais, le niveau de production relativement faible des parcelles ayant été plantées en acacias est confirmé.

Premières données économiques sur la vente du bois des jachères enrichies

Les coupes réalisées dans le cadre des essais jachères ont permis de faire des tests sur la possibilité de transformation et de vente du bois par des équipes de charbonniers locaux. En voici les résultats qu'il convient de prendre avec beaucoup de précautions, car les chiffres doivent absolument être vérifiés à plus grande échelle.

Pour un boisement de six ans ayant produit 100 t de bois sec (troncs et branches de plus de 3 cm de diamètre : *Acacia auriculiformis*² en conditions moyennes ou *Leucaena leucocephala*² sur bons sols, la carbonisation traditionnelle donne 10 tonnes de charbon (rendement 10 %), on obtient donc 200 sacs de 50 kg.

Début 95, un sac de charbon de ce type est vendu 1 500 F CFA sur le marché de villes moyennes comme Oumé, et bien d'avantage à Abidjan ; sur cette somme, le propriétaire du boisement reçoit 500 FCFA/sac, soit dans notre exemple, 100 000 F CFA/ha.

Dans les contrats habituels qu'ils passent avec les propriétaires d'une parcelle boisée, les charbonniers se chargent de tous les travaux, y compris de l'abattage des arbres et laissent le sol recouvert de branchages.

Conclusion

Sur des sols encore relativement fertiles provenant du défrichement suivi de brûlis de la forêt dense humide, il apparaît que l'enrichissement des jachères en légumineuses arborées, n'améliore pas sensiblement la production de maïs pendant les deux premières années, par rapport au système de culture traditionnel sur brûlis de jachère spontanée.

Quel que soit le système de culture pratiqué, l'apport d'engrais minéral est nécessaire pour compenser les exportations par les récoltes de culture, en particulier pour des éléments déficitaires, comme ici P ; ceci est d'autant plus vrai si l'on enlève encore des pailles ou du bois.

Mais, l'intégration des arbres dans les systèmes de culture et la conservation du mulch sur le sol (au lieu du brûlis de celui-ci), permettent de conserver plus longtemps la fertilité du sol par recyclage d'éléments minéraux lixiviés, fixation

2. D'après les premiers tests, ces deux espèces donnent un charbon un peu moins apprécié par les consommateurs que celui provenant des bois durs de forêt naturelle, mais tout de même acceptable à un prix légèrement plus bas. Par contre, pour d'autres espèces comme *Acacia mangium*, le charbon produit en conditions locales semble beaucoup trop friable. Cet aspect mérite d'être approfondi.

d'azote atmosphérique, meilleure photosynthèse globale des chaînes carbonées.

L'agroforesterie reste le meilleur moyen pour stabiliser l'agriculture itinérante, mais les modèles classiques doivent être adaptés aux conditions écologiques, au type de cultures pratiqués, aux possibilités des agriculteurs et aux besoins du marché local. Les avantages économiques les plus évidents qui peuvent justifier l'adoption de ces systèmes par certains agriculteurs sont :

- la production de bois entre deux cycles de culture ;
- La réduction des pertes de plants sensibles au dessèchement de l'air ; on pense bien entendu au cacao bien que cette culture n'ait pas été étudiée dans le cadre des présents travaux.

D'ores et déjà, le développement peut encourager la plantation d'arbres dans les jachères situées près des axes routiers menant vers les grandes villes pour contribuer à la satisfaction de leurs besoins en énergie domestique, ceci permettra de diversifier les revenus des ruraux tout en limitant les importations coûteuses d'énergies fossiles ; mais les agriculteurs intéressés doivent être clairement avertis qu'ils devraient réinvestir une partie de leurs gains dans l'achat d'engrais minéraux dont la composition doit être adaptée au type de sol et au type de culture pratiqué (espèces de cultures et d'arbres, sans exclure l'apport d'azote même, si on utilise les légumineuses arborées). De même, pour la rénovation des vergers de cacao, on peut proposer une jachère courte de légumineuses arborées suivie d'un défrichage en couloirs larges (10 à 20 m) et de la mise en place dans ces couloirs de cultures associées à récolte étagée (céréales - tubercules - bananiers - café ou cacao). Dans l'état actuel de nos connaissances, ces systèmes ne présentent pas de danger et doivent contribuer à améliorer l'état hydrique du micro-climat et du sol ainsi que le statut organique de ce dernier.

Références bibliographiques

- ALEXANDRE D.Y., 1989. Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. Coll. "Etudes et Thèses". ORSTOM, Paris, France, 102 p.
- BALLE PITY, 1990. Utilisation des ligneux dans l'amélioration des jachères. Actes des journées d'agroforesterie. 2-7 septembre 1990. CIRAD-CTFT, Nogent-sur-Marne, France, 22 p.
- BERTRAND A., 1987. Les enquêtes bois réalisées à Lomé ; méthodologies et résultats comparés, problèmes rencontrés. VIII^e Séminaire d'Economie et de Sociologie Rurale du CIRAD, Montpellier.
- BERTRAND A., 1990. La valeur de l'arbre sur pied : un problème de nouvelles politiques forestières et réformes réglementaires. Congrès International de l'IUFRO, Montréal, Canada.
- BERTRAND A., 1992. Les revenus paysans du bois-énergie en Afrique noire sub-saharienne et à Madagascar. Congrès International de l'IUFRO, Berlin, Allemagne.
- CHAUVEAU J.P., 1985. L'avenir d'une illusion : histoire de la production et des politiques vivrières en Côte d'Ivoire. Etudes rurales, économies des vivres, n° 99-100 : 281-325.
- CONNEL J.H. et SLATYER R.O., 1977. Mechanism of succession in natural communities and their roles in community stability and organization. Amer. Natur., III, USA. p. 1119-1144.
- DABIN B., 1967. Analyse du phosphore assimilable dans les sols tropicaux. Cah. ORSTOM série Pédol. 5, Paris, France, p. 278-286.

- DISSART J.C., 1994. Mémoire ENSAT, Toulouse, France.
- DUPUY B., N'GUESSAN KAMGA A., 1990. La sylviculture de l'*Acacia mangium*, in Bois et Forêts des Tropiques n° 225, Nogent-sur-Marne, France, p. 24-32.
- EGOUMENIDES C., 1990. Fractions de l'azote organique dans les sols tropicaux et fertilité azotée in Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales, IRAT, Montpellier, p. 317-321.
- FALLAVIER P., BABRE D., BREYSSE M., 1985, Détermination de la capacité d'échange cationique des sols tropicaux acides, In Agronomie tropicale n° 40, IRAT, Nogent-sur-Marne, France, p. 298-308.
- FLORET C., PONTANIER R., SERPANTIE G., 1993. La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB 16, UNESCO, Paris, France, 86 p.
- GIRI J., 1983. Le Sahel demain, catastrophe ou reconnaissance ? Karthala, Paris, France, 325 p.
- GNAHOUA G.M., 1993. Mémoire DESS, Créteil, France.
- KOFFI AKPAGANA et al, 1993. Répartition géographique d'une plante adventice introduite au Togo : *Chromolaena odorata*, in Cahiers Agricultures, 1993-2, Paris, France, p. 280- 281.
- LAUDELOUT, H., 1990. La Jachère forestière sous les tropiques humides, U.C.L., Louvain-La-neuve, Belgique, 85 p.
- LECOMTE P., 1990. Place et intégration de l'arbre dans l'exploitation agricole du centre-ouest. Mémoire du CNEARC, Montpellier, France, 108 p.
- MERCIER, J.R., 1991. La déforestation en Afrique, EDISUD, 178 p.
- MITJA D. et PUIG H., 1993. Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères de savane humide de Côte d'Ivoire, In La jachère en Afrique de l'ouest, édition de l'ORSTOM, Paris, France, p. 377-392.
- MOREAU R., 1993. Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux, In La jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. p. 245-256.
- N'GUESSAN KANGA A., 1991. Contribution à l'étude de méthodes de régénération des jachères en basse Côte d'Ivoire : le cas de l'*Acacia mangium*, thèse de docteur-ingénieur. Faculté des Sciences et Techniques, Abidjan, Côte d'Ivoire, 132 p.
- OLIVER R. et GANRY F., 1994, Etude des modifications de fertilité induites par une jachère arborée. Ministère de la Recherche et de la Technologie et CIRAD-CA, Montpellier, France, 30 p.
- PELTIER R. et EYOG-MATIG O., 1988. Les essais d'agroforesterie au Nord Cameroun, in Bois et Forêts des Tropiques n° 217, Nogent-sur-Marne, France. p. 3-31.
- PELTIER R. et BALLE PITY, 1993. De la culture itinérante sur brûlis au jardin agroforestier, en passant par les jachères enrichies In Bois et Forêts des Tropiques n° 235, Nogent-sur-Marne, France. p. 49-57.
- PELTIER R., 1994. Rapport final du projet STD2 "Développement des recherches menées en zone de forêt dense humide, dans le domaine de l'agroforesterie, application à la Côte d'Ivoire", CCE, Bruxelles, Belgique, 69 p.
- PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération CIRAD-IRAT, Paris, France, 444 p.
- ROUW A. de, 1993. Influence du raccourcissement de la jachère sur l'enherbement et la conduite des systèmes de culture en zone forestière In La jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. p. 257-266.
- SARRAILH J.M., 1991. L'évolution du milieu après déforestation, in Bois et Forêts des Tropiques n° 227, Nogent-sur-Marne, France, p. 31-35.
- SEBILLOTTE M., 1993. La jachère dans les systèmes de culture : éléments pour une théorie In la jachère en Afrique de l'ouest. Collection de l'ORSTOM, Paris, France. p. 89-112.
- STEWART B.A., PORTER L.K., JOHNSON D.D., 1963. Immobilization and mineralization of nitrogen in several organic fraction of soil, In Soil sciences Proc. 27 Soc. of Am. journal, Madison, USA, p. 302-304.
- VERGNET L., 1986. Approvisionnement de Brazzaville en bois énergie à partir de plantations d'espèces à croissance rapide. Caisse française de développement et Ministère congolais des Eaux et Forêts, Paris, France.
- VERGNET L., 1991. Filière bois énergie, situation actuelle et perspective. Mise en évidence de la forte rentabilité des petits boisements paysans péri-urbains, plan directeur énergie du Cameroun. Ministère des Mines et de l'Energie, Yaoundé, Cameroun.
- WARING S.A., BREMNER J.M., 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability, in Nature, 4922, M.MLd, Londres, Angleterre, p. 951-952.
- ZACHARIAH H.C. et CONDE J., 1981. Migration in West Africa : demographic aspects. Oxford University Press. Oxford, Angleterre, 130 p.